

## **Contenido**

<b>Capítulo 1 Redes cristalinas y tipos de cristales</b>	<b>13</b>
1.1 Concepto de estado “sólido”, 13	
1.2 Celdas unitarias y redes de Bravais, 14	
1.3 Algunas estructuras cristalinas simples, 18	
1.4 Planos cristalinos e índices de Miller, 23	
1.5 Espaciamiento de los planos en las redes cristalinas, 25	
1.6 Clasificación general de los cristales, 27	
<b>Capítulo 2 Análisis cristalográfico con rayos x</b>	<b>31</b>
2.1 Introducción, 31	
2.2 Física de la difracción de los rayos X: las ecuaciones de Von Laue, 34	
2.3 Factor de dispersión atómica, 37	
2.4 Factor geométrico de la estructura, 40	
2.5 La red recíproca, 43	
2.6 La condición de Bragg en función de la red recíproca, 47	
<b>Capítulo 3 Dinámica de las redes cristalinas</b>	<b>51</b>
3.1 Vibraciones elásticas de medios continuos, 51	
3.2 Velocidad de grupo de trenes de ondas armónicas, 53	
3.3 Movimiento ondulatorio en redes atómicas unidimensionales, 55	
3.4 Estructuras diatómicas unidimensionales, 62	
3.5 Región de frecuencia prohibida, 65	
3.6 Excitación óptica de vibraciones reticulares en cristales iónicos, 67	
3.7 Energía de enlace de estructuras cristalinas iónicas, 69	

## Contenido 8

### Capítulo 4 Mecánica cuántica, generalidades

79

- 4.1 Introducción, 79
- 4.2 Radiación del cuerpo negro, 79
- 4.3 Efecto fotoeléctrico, 81
- 4.4 Calor específico de los sólidos, 83
- 4.5 El átomo de Bohr, 84
- 4.6 La hipótesis de De Broglie y las propiedades ondulatorias de la materia, 87
- 4.7 Mecánica ondulatoria, 87
- 4.8 Dependencia del tiempo de la función de onda, 91
- 4.9 La partícula libre y el principio de incertidumbre, 94
- 4.10 Una partícula en un pozo de potencial unidimensional e infinitamente profundo, 100
- 4.11 Una partícula en un pozo unidimensional de profundidad finita, 103
- 4.12 El oscilador armónico unidimensional, 111
- 4.13 Oetogonalidad de las funciones propias y la superposición de estados, 119
- 4.14 Valores esperados y números cuánticos, 123
- 4.15 El átomo de hidrógeno, 128
- 4.16 El espín electrónico, el principio de exclusión de Pauli y el sistema periódico, 141

### Capítulo 5 Mecánica estadística, generalidades

147

- 5.1 Introducción, 147
- 5.2 La función de distribución y la densidad de los estados, 148
- 5.3 La distribución Maxwell-Boltzmann, 153
- 5.4 La estadística de Maxwell-Boltzmann para un gas ideal, 161
- 5.5 Estadística de Fermi-Dirac, 168
- 5.6 La distribución Bose-Einstein, 176

### Capítulo 6 Vibraciones reticulares y propiedades térmicas de los cristales

181

- 6.1 Cálculos clásicos del calor específico reticular, 181
- 6.2 Teoría de Einstein sobre el calor específico, 183
- 6.3 Teoría de Debye sobre el calor específico, 186
- 6.4 El fonón, 192
- 6.5 Expansión térmica de los sólidos, 193
- 6.6 Conductividad térmica reticular de los sólidos, 195

## Capítulo 7 Teoría del electrón libre de los metales 203

- 7.1 Introducción, 203
- 7.2 La ecuación de Boltzmann y la trayectoria libre media, 204
- 7.3 Conductividad eléctrica de un gas de electrones libres, 209
- 7.4 Conductividad térmica y efectos termoeléctricos en sistemas de electrones libres, 215
- 7.5 Procesos de dispersión, 219
- 7.6 El efecto de Hall y otros efectos galvanomagnéticos, 222
- 7.7 Capacidad térmica de sistemas de electrones libres, 225

## Capítulo 8 Teoría cuántica de los electrones en redes periódicas 231

- 8.1 Introducción, 231
- 8.2 El teorema de Bloch, 232
- 8.3 El modelo de Kronig-Penney de un cristal infinito unidimensional, 235
- 8.4 Cantidad de movimiento del cristal y masa efectiva, 240
- 8.5 Representación de zona reducida; electrones y huecos, 243
- 8.6 La aproximación del electrón libre, 248
- 8.7 La aproximación del enlace firme, 255
- 8.8 Dinámica del electrón en estructuras bidimensionales y tridimensionales; superficies de energía constante y zonas de Brillouin, 260
- 8.9 Aisladores, semiconductores y metales, 269
- 8.10 Densidad de la función de estados y cambios de fase en aleaciones binarias, 273

## Capítulo 9 Semiconductores electrónicos uniformes en equilibrio 281

- 9.1 Semiconductores, 281
- 9.2 Semiconductores intrínsecos y semiconductores con impurezas, 284
- 9.3 Estadística de huecos y electrones— El caso del semiconductor intrínseco, 288
- 9.4 Energía de ionización de centros de impurezas, 292
- 9.5 Estadísticas de los semiconductores con impurezas, 295
- 9.6 El caso de la ionización incompleta de niveles de impureza (Temperatura muy baja), 300
- 9.7 Conductividad, 302
- 9.8 El efecto de Hall y la magnetoresistencia, 306
- 9.9 Resonancia de ciclotrón y superficies elipsoidales de energía, 316
- 9.10 Densidad de estados, conductividad y efecto de Hall con superficies complejas de energía, 327
- 9.11 Mecanismos de dispersión y movilidad de los portadores de carga, 335

## Contenido 10

### Capítulo 10 Exceso de portadores en semiconductores 347

- 10.1 Introducción, 347
- 10.2 Comportamiento de transporte de los portadores excedentes; las ecuaciones de continuidad, 348
- 10.3 Algunas soluciones particulares de la ecuación de continuidad, 361
- 10.4 Movilidad de arrastre y el experimento de Haynes-Shockley, 371
- 10.5 Recombinación superficial y condiciones de frontera superficiales, 374
- 10.6 Fotoconductividad de estado estacionario, 379
- 10.7 Fotoconductividad transitoria; tiempo de vida de los portadores en excedentes, 383
- 10.8 Mecanismos de recombinación; la teoría de recombinación de Shockley-Read, 390

### Capítulo 11 Tecnología de materiales y medición de propiedades volumétricas 401

- 11.1 Preparación de los materiales semiconductores de alto grado de pureza, 401
- 11.2 Crecimiento de muestras monocristalinas, 407
- 11.3 Medición de la resistividad volumétrica, 409
- 11.4 Medición del contenido de impurezas y la movilidad mediante el efecto de Hall, 411
- 11.5 Medición del tiempo de vida de los portadores excedentes, 412
- 11.6 Dislocaciones y otras imperfecciones, 413

### Capítulo 12 Teoría de las uniones p-n de los semiconductores 421

- 12.1 La unión p-n, 421
- 12.2 El potencial de contacto interno de equilibrio, 424
- 12.3 Potenciales y campos en las cercanías de una unión p-n, 426
- 12.4 Modelo matemático simplificado de la unión p-n abrupta, 429
- 12.5 Capacitancia de unión; determinación del potencial interno, 435

### Capítulo 13 Rectificadores de unión p-n y transistores 439

- 13.1 Teoría del rectificador de unión p-n, 439
- 13.2 Corrientes y campos en los rectificadores de unión p-n, 447
- 13.3 Rectificadores de unión de tamaño finito; efectos de superficies y terminales óhmicas, 452
- 13.4 Mecanismos físicos de ruptura en las uniones p-n, 456
- 13.5 Técnicas de fabricación de la unión p-n, 460
- 13.6 Transistores de unión p-n-p- y n-p-n, 460

<b>Capítulo 14 Uniones p-n a niveles altos de corriente; el rectificador p-i-n,</b>	<b>479</b>
14.1 Uniones p-n a densidades altas de corriente, 479	
14.2 El análisis del rectificador $p^+ - i - n^+$ a niveles altos de corriente, 481	
14.3 Rectificadores p-i-n; la caída de voltaje en sentido directo como una función de la temperatura, 490	
<b>Capítulo 15 Otros dispositivos semiconductores,</b>	<b>495</b>
15.1 El efecto fotovoltaico p-n y las celdas fotovoltaicas de unión p-n, 495	
15.2 Otros dispositivos sensibles a la luz; fototransistores, detectores de partículas y detectores infrarrojos, 502	
15.3 Rectificadores controlados p-n-p-n, 503	
15.4 Diodos túnel, 506	
15.5 Transistores de efecto de campo o unipolares, 509	
<b>CAPITULO 16 CONTACTOS METAL-SEMICONDUTOR Y SUPERFICIES DE SEMICONDUCTORES, 513</b>	
16.1 Contactos metal-semiconductor en equilibrio, 513	
16.2 Rectificación por contacto metal-semiconductor, 517	
16.3 Estados superficiales y rectificación independiente de las funciones de trabajo, 520	
16.4 Potencial, campo y carga en la capa superficial de un semiconductor, 524	
16.5 Conductividad superficial, efecto de campo y movilidad superficial; propiedades de superficies de semiconductores reales, 531	
<b>Apéndice a la función &amp; dirac</b>	<b>535</b>
<b>Apéndice b análisis tensorial</b>	<b>537</b>
<b>Indice de nombres</b>	<b>541</b>
<b>Indice de temas</b>	<b>543</b>